

一、标的清单

序号	名称	数量	单位	采购标的对应的中小企业划分标准所属行业
1	三维X射线显微镜	1	套	工业
2	扫描式激光测振仪	1	套	工业
3	激光跟踪仪	1	套	工业
配套标的需要的设备、备件、耗材等				
序号	名称	数量	序号	备注
1	前端数据采集及处理工作站	1	套	货物1配套
2	后端便携式工作站	2	套	货物1配套
3	前端数据处理器	1	套	货物2配套
4	后端移动式数据处理器	1	台	货物2配套
5	机器人测量系统	1	套	货物3配套
6	后端便携式数据处理器	1	套	货物3配套

二、技术要求

序号 1: 三维 X 射线显微镜

1. 主要技术指标

- 1.1 空间分辨率: $\leq 5 \mu\text{m}$ 。
- 1.2 细节分辨能力: $\leq 4 \mu\text{m}$ 。
- 1.3 可检测样品直径: $\geq 100 \text{ mm}$ 。
- 1.4 可检测样品高度: $\geq 100 \text{ mm}$ 。
- 1.5 可检测样品重量: $\geq 10 \text{ kg}$ 。
- 1.6 支持至少四种扫描成像模式: 实时 DR 投影, 圆轨迹锥束 CT, 超视野锥束 CT, 有限角锥束 CT。
- 1.7 具有亚像素超分辨成像功能及探测器高频抖动防伪影功能。
- 1.8 具备物镜耦合探测器拓展功能, 物镜耦合探测器拓展后, 空间分辨率 $\leq 1 \mu\text{m}$ 。
- 1.9 预留原位力学加载装置拓展位置和接口。

2. X 射线源

2.1 X 射线源类型：封闭式微焦点 X 射线源。

2.2 X 射线源最大电压： ≥ 130 kV。

2.3 最大管电流： ≥ 200 μ A。

2.4 最大输出功率： ≥ 30 W。

2.5 最小焦点尺寸： ≤ 6 μ m。

3. 探测器

3.1 探测器类型：高对比度数字平板探测器。

3.2 探测器像素数量： $\geq 3000 \times 2500$ 。

3.3 探元尺寸： ≤ 100 μ m。

3.4 A/D 转化： ≥ 16 bit。

3.5 大视野平板探测器视野范围： ≥ 300 mm \times 250 mm。

4. 机械系统

4.1 最大 SDD： ≥ 550 mm（射线源到探测器距离）。

4.2 转台 X 轴行程： ≥ 200 mm。

4.3 探测器 X 轴行程： ≥ 200 mm。

4.4 探测器 Y 轴行程： ≥ 50 mm。

4.5 旋转台： $n \times 360^\circ$ 。

4.6 样品台承重： ≥ 15 kg。

4.7 样品台直径： ≥ 100 mm。

5. 前端数据采集及处理工作站

5.1 前端机(数据采集)。

(1) CPU：不低于大小核/线程：8+16/32, 大核频率 (GHz) :2.1-5.4, 小核频率 (GHz) :1.5-4.3, 二/三级缓存 (MB)：28/33 的处理器。

(2) 内存：不低于 16 G。

(3) 硬盘：不低于 SSD 512GB, HDD 4TB。

(4) 显示器：不低于 27 英寸液晶显示器，分辨率不低于 2 K。

5.2 前端机(图像重构和图像处理)。

(1) CPU：不低于大小核/线程：8+16/32, 大核频率 (GHz) :2.0-5.8, 小核频率 (GHz) :1.5-4.3, 二/三级缓存 (MB)：32/36 的处理器。

(2) 内存：不低于 128 G。

(3) 硬盘：不低于 SSD 1TB, HDD 8TB。

(4) 显卡：高性能显卡，性能不低于核心频率(MHz)：2295, 加速频率(MHz)：2617, 显存位宽(-bit)：256, 显存容量：16GB GDDR7, 显存频率(GHz)：30。

(5) 显示器：不低于 27 英寸液晶显示器，分辨率不低于 2 K。

6. 软件系统及功能

系统需配备软件包括系统控制软件(三维扫描软件)、图像重建软件及图像处理软件。满足 WINDOWS 运行环境，所有软件界面均为中文，具有使用说明书，方便用户操作。

6.1 系统控制软件(三维扫描软件)

6.1.1 三维扫描软件，用于存储扫描数据，完成投影数据采集。

6.1.2 可以设置多种扫描模式，包括：锥束扫描模式、扩展偏置扫描模式、螺旋 CT 扫描模式、有限角扫描模式等扫描模式。

6.1.3 可以通过软件操作界面对系统各运动轴进行运动控制，控制精度可以达到微米级别，确保系统的稳定性和可靠性。

6.1.4 支持探测器和机械系统校正，Offset、Gain 及探测器像素点校正。

6.1.5 支持查看和导出多种图像格式(bmp、jpg、tiff 等)、图像运算功能、尺寸测量功能、灰度直方图调整功能、实时显示实验信息、图像缩放、样品定位及各种滤波处理等。

6.1.6 可以实时控制 DR/CT 扫描成像，保证各硬件协调工作，确保获得正确、完整的工件扫描投影数据。

6.1.7 扫描信息存储记录功能。

6.1.8 同时设置有各硬件设备的状态检测功能，以及门机联锁。

6.2 图像重建软件

6.2.1 基于 GPU 高速单元的三维断层扫描，支持多种重建算法，具有 ≥ 4 个可调重建参数，包括 hu(Y 轴方向的偏差)、Hv(Z 轴方向的偏差)、sdd(X 轴方向的偏差)、beta(Y 轴旋转偏差)，确保重建数据的精准度；重建过程中具有对重建数据进行任意角度旋转及平移功能，方便选择重建感兴趣区域。

6.2.2 系统探测器具有左右移动的轴，抖动行程 ≥ 20 mm，具备抖动扫描和快速扫描两种扫描模式。

6.2.3 重建时间：GPU 加速技术，实现重建快速重建，图像矩阵 1024×1024

×768 快速重建时间 1 分钟内，迭代重建时间 3 分钟内；图像矩阵 2048×2048 ×1536 快速重建时间 10 分钟内。

6.2.4 图像重建软件可以对扫描数据进行实时的数据校正，校正由于机械系统的几何误差导致的图像偏差，自动校正图像重合，方便用户操作，无需自己调整参数即可完成数据重建。可以实现一键式重建。需要校正的参数也可以根据需要自行更改，直到校正得到满意的图像。

6.2.5 图像姿态人机交互调整功能，支持用户按任意角度重建图像。

6.2.6 重建软件提供感兴趣区域 (ROI) 重建模块，用户可根据需要选择自己感兴趣的区域进行局部重建，缩短重建时间，提高重建效率。

6.2.7 图像伪影校正功能(具有投影数据修复，投影数据标定，环状伪影校正，金属等射束硬化伪影去除功能)。

6.2.8 图像处理功能(具有图像去噪，图像增强，图像分割，图像识别功能)。

6.2.9 基于射线谱校正方法，可有效降低射线硬化引起的图像密度畸变。

6.2.10 可根据用户需要，对重建图像的三截面方向进行辅助修正。

6.2.11 GPU 加速技术，实现快速重建。

6.3 图像处理软件

6.3.1 多种图像处理方法，可实现数据图像、CT 图像的降噪、锐化、增强。

6.3.2 可对图像目标区域进行图像分割、边缘等特征提取。

6.3.3 可实现图像 CT 值测量和缺陷位置标定，目标区域长度、面积、平均密度、密度降等测量和标注。

6.3.4 可对图像进行壁厚分析。

6.3.5 具有多样化的图像显示和视频辅助生成功能。

6.3.6 支持三维 CT 数据和 CT 图像的三截面显示。

6.3.7 图像三维显示扩展功能：三维渲染显示与任意截面剖切；三维 MPR 显示；辅助生成三维图像旋转、平移、缩放、剖切等漫游视频。

6.3.8 个性化的用户管理功能：可对用户使用权限、用户使用日志进行管理；支持用户需求生成个性化检测报告；支持多种格式的 CT 数据和 CT 图像输入/输出，以及格式转换；支持用户对采集协议、传输函数、CT 数据、CT 图像等智能化存储和检索。

7. 辐射防护箱体

7.1 防辐射屏蔽罩，内置安全联锁开关，X射线开启显示。

7.2 射线屏蔽采用箱体，方便二次开发拓展，内置安全锁，X射线开启显示，可视透明防辐射窗口，方便在设备运行过程中从窗口观察样品情况。

7.3 辐射剂量当量 $<1 \mu\text{Sv/h}$ (在距离箱体外 10 cm 的任何位置)，符合国家 GBZ117-2022《工业 X 射线探伤室卫生防护标准》要求及环评要求。(投标文件中需提供所投同型号设备经第三方检测机构出具的辐射剂量检测报告扫描件佐证)

8、隔振平台

8.1 光学平台高度： $\geq 800 \text{ mm}$ 。

8.2 台面厚度： $\geq 100 \text{ mm}$ 。

8.3 整体尺寸规格： \geq 长 1200 mm \times 宽 800 mm \times 高 800 mm。

8.4 工作面板材料：不劣于 430 不锈钢。

8.5 台面：蜂窝内芯。

8.6 布孔：公制 M6、25 mm \times 25 mm 等间距阵列。

8.7 台面平面度： $\leq 0.05 \text{ mm/m}^2$ 。

8.8 平台台面粗糙度： $\leq 0.8 \mu\text{m}$ ，台面亚光处理。

8.9 平台振幅： $\leq 5 \mu\text{m}$ 。

8.10 固有频率：x 方向：3.5 Hz \sim 8 Hz；y 方向：3.5 Hz \sim 8 Hz。

8.11 负荷承载： $\geq 800 \text{ kg/m}^2$ 。

8.12 水平调节方式：手动调节或电动调节。

8.13 调节高度： $\pm 15 \text{ mm}$ 。

9、后端便携式工作站

9.1 CPU：不低于大小核/线程：8+16/24，大核频率 (GHz)：2.1-5.4，小核频率 (GHz)：1.5-4.3，二/三级缓存 (MB)：40/36 的处理器。。

9.2 内存：不低于 64 GB。

9.2 硬盘容量：不低于 2 TB(固态)。

9.3 显卡：不低于核心频率(MHz)：2160，加速频率(MHz)：2510，显存位宽 (-bit)：192，显存容量：12GB GDDR7，显存频率(GHz)：28。

9.4 显示器：不低于 16 英寸。

序号 2：扫描式激光测振仪

1. 主要技术指标：

1.1 光学系统利用多普勒原理测量，基于激光外差干涉原理，激光器无需调频，采用非接触式测量方法。为保证光学系统极高的光学灵敏度，自动聚焦式光学系统与控制器(多普勒原理电子处理部分)采用分离式结构。

1.2 激光光源：测量激光波长介于 600 nm-650 nm 之间。

1.3 工作距离 0.3 m-10 m(取决于表面)，可支持拓展近景成像模块，整套系统可最小测量 $\leq 0.05 \text{ mm} \times 0.05 \text{ mm}$ MEMS 器件振动，可在该尺寸上布置不少于 10000 个扫描点。可测量 $\geq 0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ 大器件振动，可在该尺寸上布置不少于 10000 个扫描点。

1.4 扫描角度： $\geq 40^\circ \times 50^\circ$ (可实现全宽带内激光逐点自动扫描)。

1.5 扫描精度：优于 0.5° ，角度分辨率： $\leq 0.001^\circ$ ，角度稳定性： $\leq 0.001/h$ ，最大扫描速率： ≥ 30 点/秒。

1.6 扫描点数：1 到 512×512 。

1.7 近距离扫描单元模块：测试距离：0.05 m-0.1 m；相机视场角： $\pm 12^\circ$ ；激光扫描角度： $\pm 4.5^\circ$ 。

1.8 显微功能：可通过搭配不同倍率显微镜头对显微器件进行显微扫描。

1.9 采用自动聚焦的成像与高精度测振同轴融合，采用实时高清色彩变焦成像系统，摄像机变焦支持 ≥ 360 倍变焦(≥ 30 倍光学变焦 $\times 12$ 倍数字变焦)，变焦倍率可在软件上随意设置，方便地在不同尺寸的目标上定义测量区域。

1.10. 配有专用三脚架，及仪器定制的拉杆箱，方便携带。可支持拓展配备一体式机柜，简化部署，易于操作及设备管理。

1.11 控制器带 ≥ 7 英寸交互式菜单彩色触摸屏用于引导设置控制器和光学头。

1.12 可支持拓展由一维扫描支持拓展至三维扫描；可支持拓展 GPS 远程控制信号采集及触发。

1.13 控制器具备模拟输出 BNC 接口、数字输出 RJ45 以太网口，单点测试模式频率范围可高达 25 MHz。可同时输出两种数据传输模式 BNC 和 RJ45。

1.14 控制器具备的数字采样率 ≥ 100 MHz。

1.15 最大测量速度：正反方向 $\geq 12 \text{ m/s}$ ，至少包含速度量程： $1 \mu\text{m/s/v}$ 、 $5 \mu\text{m/s/v}$ 、 $10 \mu\text{m/s/v}$ 、 $50 \mu\text{m/s/v}$ 、 $100 \mu\text{m/s/v}$ 、 $500 \mu\text{m/s/v}$ 、 1 mm/s/v 、 2 mm/s/v 、 5 mm/s/v 、 10 mm/s/v 、 20 mm/s/v 、 50 mm/s/v 、 100 mm/s/v 、 200 mm/s/v 、

500 mm/s/v、1000 mm/s/v、1200 mm/s/v;

至少位移量程包含：0.01 nm/V, 0.02 nm/V, 0.02 nm/V, 0.1 nm/V, 0.2 nm/V, 0.5 nm/V, 1 nm/V, 2 nm/V, 5 nm/V, 10 nm/V, 200 nm/V, 500 nm/V, 0.1 μ m/V, 0.2 μ m/V, 0.5 μ m/V, 1 μ m/V, 2 μ m/V, 5 μ m/V, 10 μ m/V, 20 μ m/V, 50 μ m/V, 100 μ m/V, 200 μ m/V, 0.5 mm/V, 1 mm/V, 2 mm/V, 5 mm/V, 10 mm/V, 20 mm/V, 50 mm/V, 100 mm/V, 200 mm/V。

1.16 速度分辨率：优于 0.01 μ m/s/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ，最大线性误差优于 1%；位移分辨率：优于 0.31 pm。

1.17. 频率范围：DC-25 MHz。

1.18 数据高精度频率分析可达 0.001 H。

1.19 可实现规则的应变分析，可进行应变云图的生成。

1.20 系统具备速度和位移信号同步输出，输出类型 BNC 接口，具备高通、低通滤波设置，至少具备低通滤波器 3 kHz, 10 kHz, 30 kHz, 40 kHz, 80 kHz, 160 kHz, 360 kHz, 1 MHz, 3 MHz, 25 M(速度/宽带数字位移 解码器)；具备跟踪滤波器，Slow, Medi μ m, Fast, OFF。

1.21 系统输出电压范围：不低于 ± 10 V。

1.22 前端数据处理器 1 套：

CPU：大小核/线程：8+16/32, 大核频率 (GHz) :2.1-5.4, 小核频率 (GHz) :1.5-4.3, 二/三级缓存 (MB)：28/33 的处理器。

内存 ≥ 16 G;

固态硬盘 ≥ 256 GB;

机械硬盘 ≥ 1 TB;

配套显示器 ≥ 27 英寸显示器、鼠标、键盘。

1.23 后端移动式数据处理器 1 台：

CPU：性能不低于大小核/线程：8+16/32, 大核频率 (GHz) :2.1-5.4, 小核频率 (GHz) :1.5-4.3, 二/三级缓存 (MB)：28/33 的处理器。

内存： ≥ 32 G

硬盘： ≥ 1 TB SSD

OLED 屏幕：尺寸 ≥ 16 英寸，分辨率 ≥ 2.8 K，刷新率 ≥ 120 Hz

显卡：不低于核心频率 (MHz)：2280, 加速频率 (MHz)：2497, 显存位宽 (-bit)：

128, 显存容量: 8GB GDDR7, 显存频率(GHz): 28。

1.24 多通道数据采集系统, 支持同步及触发功能, 可拓展实现远程触发功能;

1.25 平面标定: 实现激光点自动识别, 快速进行被测区域平面标定。

1.26 模型建立: 支持规则模型, 支持自定义模型的布点功能, 支持三维建模, 支持模型拼接、组合功能、放大、缩小、旋转、多种填充模式; 系统支持任意形态模型的布点功能; 快速标定: 可快速实现复杂面标定; 支持大型结构件的无标定下快速建模扫描及模态分析; 系统具备快速扫描和重扫功能; 动画演示: 支持获取整个扫描过程中的时域数据动画演示。

1.27 支持虚拟通道功能, 通道可进行微积分转换、线性合成、矢量合成、衰减时间分析, 频响函数分析, 可实现幅频曲线、相频曲线、相干曲线的计算显示, 响应时间分析, 阻尼比分析, 支持衰减曲线拟合, 实现 Q 值、 τ 值计算。

1.28 支持微积分转换、频响函数分析、固有频率分析、阻尼比分析、EMA 模态分析、OMA 模态分析、时域 ODS、频域 ODS、模态验证等。

1.29 基于 MD、MMIF、等多种方法估算模态参数 (包括频域和时域), 更高精度的阻尼比估计。

1.30 指示函数: 具有总体频响函数(s μ m) 以及各种模态指示函数(MIF 等)。

1.31 支持实验模态时域信号分批导入, 自定义参考点, 各种频响函数估计方法, 包括 H1、H3、H3、H4 和 Hv 等, 自动组织频响函数数据, 从而获得数据的全面视图。

1.32 支持数据导入、导出、模态振型视频图片导出, 支持模型、原始时域数据、频响函数等数据以 UFF 格式、mat 格式、txt 格式等形式导出。

1.33 支持频域-幅值 Peak、频域-幅值 RMS、频域-功率谱 RMS、频域-功率谱密度 RMS、频域-实部、频域-虚部、频域-相位、频响-幅值、频响-实部、频响-虚部、频响-相位以及奈奎斯特图的计算显示。

1.34 可对测试信号进行加窗分析, 包括 Hamming、Hann、Blackman、BlackmanHarris、FlatTop、Triangular、力窗以及指数窗, 支持多种折叠系数的折叠计算以及多种平均方式, 包括线性平均、峰值保持、指数平均等, 可对信号进行去直流计算, 对时域信号进行滤波计算, 包括高通、低通、带通和带阻。

1.35 可对模型进行点、线、面的自定义更改, 可实现模型的合并以及模型

坐标信息的导出。

1.36 可实现根据信号强度进行测点信号质量分析，对测点信号质量进行判断，可实现给定振动数据阈值进行快速重新扫描。

1.37 振型动画可实现单步播放、动画幅度以及速度的更改，可实现图片导出以及自定义的视频导出，可对振动动画的显示尺度进行自定义的调整以及动画的颜色显示梯度进行自定义的调整。

序号 3：激光跟踪仪

主要技术指标：

1、主机参数

- 1.1 测量范围(半径)： $\geq 25\text{m}$ 。
- 1.2 测量精度： $\leq 18\ \mu\text{m} + 6\ \mu\text{m}/\text{m}$ 。
- 1.3 设备具备双激光管，含激光干涉仪和绝对测距仪。
- 1.4 绝对测距精度： $\leq 12\ \mu\text{m}$ (全程)。
- 1.5 干涉测距精度： $\leq 0.6\ \mu\text{m}/\text{m}$ ，数据输出速率 ≥ 800 点/s。
- 1.6 主机水平角测量范围：不劣于 $\pm 320^\circ$ 。
- 1.7 主机垂直角测量范围：不劣于 -59° 至 $+59^\circ$ 。
- 1.8 内置水平仪，可进行大地水平测量，精度至少为：不劣于 $\pm 2.0''$ 。
- 1.9 自动找光接光能力：视场角不低于 10° ，工作距离 1.2 m-40 m。
- 1.10 设备与电脑之间可以通过无线 WIFI 和有线连接。
- 1.11 设备具备断光自动续接功能。
- 1.12 具备自动跟踪功能，可自动跟踪靶球所在位置。

2、测量分析软件要求：

- 2.1 软件应为国内自主研发。
- 2.2 软件为大尺寸测量设备如激光跟踪仪配套使用。
- 2.3 测量软件应能实现常用标准几何、形位公差的测量评定。界面友好，可以实现图形化的操作。并能根据需要及时补充有关特殊件的测量功能模块。具有测量点、线、面、圆、圆柱、圆锥、椭圆的功能。具有标准形位公差分析的能力。能分析平面度、圆度、直线度、圆柱度、位置度、平行度、垂直度等。

2.4 测量软件具备三维空间测量与分析功能，具有 ASCII 导出功能，导出信息至少包含点名称、笛卡尔坐标系、圆柱坐标系、球坐标系、时间戳、点偏移、

测量详细信息、分隔符、十进制精度设置等。测量软件具有 2D 几何特征、3D 几何特征等快捷选项，可通过快捷选项在采集完测量点后直接生成平面、圆柱、球、圆锥等特征，无须再次构造特征。

2.5 软件支持二次开发，支持测量计划编程，可同时设置多台激光跟踪仪并通过测量计划编程进行自动化测量。

2.6 测量软件具有 CAD 数模读入，在 CAD 数模输入 CAD 数据直读功能，无需中间编译。

2.7 测量软件具有自动生成特征曲线图功能，可显示测量特征各点的曲线图，用户可自定义曲线基准点并导出特征曲线图。

2.8 具备多种对齐拟合方式，可调入 CAD 文件并进行名义与实际值之间的实时比较。

2.9 能够定制测量报告形式，文本及图形报告输出、显示和分析偏差。

2.10 软件界面支持中文。

3、机器人测量系统

3.1 机器人标定校准软件

根据机器人的 D-H 参数建立机器人校准数学模型，进行机器人零位校准，机器人 D-H 参数校准，机器人 TCP 中心点精度校准。在不改变现有机器人任何结构和硬件尺寸的条件下，通过机器人校准标定软件有效的提高机器人绝对位姿精度。

3.2 机器人性能检测软件

可根据《ISO 9283 工业机器人性能规范及其实验方法》，或《JJF2318 工业机器人校准规范》完成机器人性能检测，检测内容包括：

机器人位姿准确度、位姿重复性、多方向位姿准确度变动、距离准确度、距离重复性、位置稳定时间、位置超调量、位姿特性漂移、互换性、轨迹准确度、轨迹重复性、拐角偏差、轨迹速度特性、静态柔顺性、重复定向路径准确度、最小定位时间等。

3.3 后端便携式数据处理器：

CPU：性能不低于大小核/线程：8+16/32, 大核频率（GHz）：2.1-5.4, 小核频率（GHz）：1.5-4.3, 二/三级缓存（MB）：28/33 的处理器。

内存：≥32G

硬盘：≥1TB SSD

OLED 屏幕：尺寸 \geq 16 英寸，分辨率 \geq 2.8K，刷新率 \geq 120Hz

显卡：不低于核心频率 (MHz)：2280，加速频率 (MHz)：2497，显存位宽 (-bit)：128，显存容量：8GB GDDR7，显存频率 (GHz)：28。

注：1. 以上产品如有属于“工作站”的，投标人所投“工作站”须完全满足财政部工业和信息化部颁发的《工作站政府采购需求标准（2023 年版）》中标“*”号指标（除 CPU、操作系统符合安全可靠测评要求外）的要求，若上述参数标准低于需求标准中的要求，按需求标准文件中的标准执行。

2. 以上产品如有属于政府强制采购节能产品的，投标文件中必须提供国家确定的认证机构出具的、处于有效期之内的节能产品认证证书（扫描件）。

3. 以上“技术要求”中“优于”“不劣于”“不低于”均包含本数；以上“技术要求”为实质性条款，投标人须完全满足或优于，否则投标无效。